

충남지역 농업기후 지대별 벼 생육 및 수량 변이

최낙거¹, 박종현^{2*}

¹세종특별자치시 생명농업기술센터, ²농림축산식품부

The Differences of Rice Growth and Yield at Various Agroclimatic Regions in Chungnam Province

N. G. Choi¹ and J. H. Park^{2*}

¹Sejong Agricultural Technology Service Center, Sejong, Korea

²Environment and Welfare Division, Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Sejong, Korea

Abstract

Rice cultivation is immensely affected by many climatic factors including temperature, precipitation, etc, and imbalanced climatic conditions negatively affect the growth of rice. In this study, we investigated the effects of different agroclimatic zones of Chungnam Province on rice quality and examined the correlations between climatic characteristics and rice yield components. Average temperatures and rainfall were higher in ‘Western Sobaek Inland’ than those in the ‘South Western coastal zone, and precipitation records showed a wide variation among counties due to typhoons during the examined periods. The average accumulative temperature affecting the magnitude of production during reproductive growth periods was higher in “Cheon-An”, “Gong-Ju”, “Yeon-Gi (Se-Jong)”, “Bo-Ryeong”, and “Dang-Jin” counties than those in other counties. The plant height was higher in ‘Western Sobaek Inland’ counties such as “Yeon-Gi(Se-Jong)” and “Cheon-An”, and ‘Southern Charyeong Plain’ counties such as “Cheong-Yang”, “Dang-Jin”, and “A-San”, than those in other counties. The number of tillers during the 40 days after rice transplantation in “Seo-Cheon” and “Bo-Ryeong” counties increased compared to other counties. This result was relevant to the fact that the date of rice transplantation in those counties was 3 to 4 days later than those in other counties of Chung-Nam Province. The average yield (milled rice basis) was the highest in ‘Western Sobaek Inland’ zone, showing 3,756 kg ha⁻¹, followed by ‘Southern Charyeong Plain’ zone showing 3,621kg ha⁻¹, and was the lowest in ‘South Western coastal zone by 3,315kg ha⁻¹. “Yeon-Gi(Se-Jong)” and “Dang-Jin” counties showed the highest yields of 4,100kg ha⁻¹. “Seo-San”, “Seo-Cheon”, and “Tae-An” counties were relatively lower yields of 3,240~3,280kg ha⁻¹ in comparison of other counties.

Key words : Agroclimatic zones, Chungnam province, Climatic factor, Rice, Yield

* 교신저자 : 농림축산식품부, oxenpower@korea.kr

I. 서언

농업생산은 지역(region)과 국지(local) 기후조건에 따라 영향을 받게 된다(Shim et al., 2008). 농업과 밀접한 관계를 가지는 기후조건을 농업기후라고 하는데 (Lim et al., 1897) 농업기술의 발전에 따라 기후조건과 농업과의 관계는 다각화되어가고 있다 (Shim et al., 2008). 지역별로 주요생산 시기에 따라 생육과 수량에 크게 영향을 주는 기후요인을 분석하여 유사한 기후요인 분포 특성 중심으로 농업기후지대를 구분하는데, 같은 시대 내의 기상재해 출현 양상은 비슷하다 (Choi & Yun, 1989). 최근 들어 온난화 등 기후변화로 인해 우리나라 농업환경 조건은 크게 변화하고 있다. 특히, 강수패턴 변화로 시·공간적으로 안정적인 수자원 확보에 어려움을 겪고 있는 실정이다 (Kim & Jung, 2016). 이러한 불균형적인 농업환경 변화는 작물생육 및 수량에 큰 영향을 미친다. 벼의 경우 출수기, 수당립수, 등숙비율은 일조시수의 영향을 받고, 간장과 천립중은 평균기온과 최고기온의 영향을 받으며, 수장(穗長)은 최저기온과 강수량의 영향을, 그리고 수량 (정조, 현미, 백미)은 최고기온 및 일조시간의 영향을 많이 받은 것으로 나타났다 (Ahn, 2007). 이렇듯, 기상환경은 벼의 생육단계에 따라 다르게 영향을 미치고 벼의 물질생산과 수량성은 수용기관인 Sink와 동화산물인 Source에 의해서 결정되므로, 기상환경이 이들에게 어떤 영향을 미치는가에 대한 연관관계를 먼저 분석하는 것이 매우 중요하다. 충남지역은 우리나라 쌀 생산기지로서 중요한 역할을 하는 쌀 주산지 중 하나이다. 즉, 2016년 기준 전국 시도별 쌀 생산량은 77만4천톤 (현백률 92.9%)인데, 충남지역은 전남지역에 이어 전국2위로, 우리나라 쌀 생산량의 18.5%를 차지하고 있다 (KOSIS, 2016). 벼 기준으로 구분된 농업기후지대에 따르면, 충남지역은 소백서부내륙지대, 차령남부평야지대, 남서해안지대로 구

분된다(Choi & Yun, 1989).

본 연구에서는 충남지역의 안정적 벼 재배에 관한 기초자료를 제공하기 위하여 충남지역의 3개 농업기후시대별 특성에 따른 기상이 쌀 품질에 미치는 영향을 구명하고 수량구성요소와 이들 기상요소간의 상호 관련성을 검토하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 기상환경

본 연구에서는 과거 3년동안 (2010~2013년)의 자료로서, 매년5월1일부터 10월31일까지 충남지역에서 관측한 일 평균기온, 강수량, 일조시간, 일교차 자료를 이용하였다. 지역별 기상관측자료 제공기관을 살펴보면, 천안, 공주, 보령, 아산, 서산, 논산, 부여, 서천, 연기(세종)지역은 기상청(www.kma.go.kr) 제공 일반기상 관측자료를 당진, 금산, 청양, 홍성, 예산, 태안 지역은 농촌진흥청(www.weather.rda.go.kr) 제공 농업기상 관측 자료를 이용하였다. 아울러, Choi & Yun (1989)이 구분한 벼 기준 19개 농업기후시대중에서 충남지역이 포함되는 3개의 기후시대인 소백서부내륙지대, 차령남부평야지대, 남서해안지대를 활용하였다 (Table 1).

2. 벼 생육 및 수량구성요소

벼 생육 시기별 작황조사는 2010년에서 2012년까지 3년간 충청남도 시·군 농업기술센터[천안, 공주, 보령, 아산, 서산, 논산, 당진, 금산, 부여, 서천, 청양, 홍성, 예산, 태안, 연기(세종)]의 농작물 생육조사 포장에서 중만생종 품종인 삼광벼를

Table 1. Climatic characteristics of the agroclimatic zones for rice cropping period in South Chungnam Province(Year 2010~2012)

Agroclimatic regions		Western Sobaek Inland Region	Southern Charyeong Plain Region	South Western Coastal Region
Counties		Cheonan, Gongju Nonsan, Geumsan Yeongi(Sejong)	Boryeong, Asan, Seosan, Dangjin, Cheongyang, Heongseong, Yesan, Taean	Buyeo, Seoecheon
Apr. ~ Jun.	Rainfall(mm)	397	500	544
	Drought index	1.0	0.9	0.6
Crop period (above 15°C)	Starting date above 15°C	May 8	May 6	May 3
	Duration of days above 15°C (days)	156	171	185
	Accumulated temperature during crop period (°C)	3,170	3,442	3,668
Emergence rate of low temperature during transplanting time(%)		3.0	2.9	1.8
Aug.	Average temperature(°C)	24.3	25.5	25.3
	Standard deviation	1.1	1.3	1.3
Jul. ~ Sep.	Average temperature(°C)	22.6	23.5	23.8
	Standard deviation	2.9	2.3	2.3
Average daily sunshine duration from August to September (hr)		5.6	5.8	5.7
Climate productivity index		1.00	1.01	1.01
Frost	Date of starting frost	Oct. 18	Nov. 17	Nov. 17
	Date of ending frost	Apr. 13	Mar. 29	Mar. 30

대상으로 실시하였다. 재배 및 시비방법은 농촌진흥청 표준재배법 기준을 따랐고, 생육 및 수량 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준을 준용하였다. 기상이 벼 출수기까지 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해 생육단계를 활착기(이앙일로부터 7일간), 유효분얼기(활착기 종료일 이후 25일간), 무효분얼기(유효분얼기 종료일 이후 6일간), 생식생장기(무효분얼기 종료일 이후부터 출수전날까지), 출수전기(활착기부터 출수전날까지)로 구분 하였으며, 출수기로부터 40일간의 생육 조사를 통해 수량구성요소인 출수기, 간장, 수장,

수당립수, 등숙비율, 천립중 등을 조사하였다. 충청남도 시·군의 평균이앙 시기는 공주, 연기(세종), 청양은 5월 23일 ~ 25일, 천안, 아산, 서산, 부여, 홍성, 예산, 태안, 당진은 5월 25일 ~ 27일, 보령, 논산, 금산, 서천지역이 5월 27일 ~ 29일이었으며, 각 지역별 이앙일은 Table 2와 같다. 통계처리에는 SAS package(SAS Institute, 1988), Microsoft Office Excel 2007을 활용하였고, 각 생육단계별 주요 기상요소와 생육 및 수량의 상관분석을 통해서 유의성을 검정하였다.

Table 2. Transplanting date of rice cultivation at different regions of Southern Chungnam Province(Year 2010~2012)

Agroclimatic regions	Counties	Transplanting date		
		2010	2011	Year 2012
I *	Cheonan	May 25	May 26	May 25
	Gongju	May 25	May 25	May 24
	Nonsan	May 28	May 27	May 29
	Geumsan	May 27	May 27	May 29
	Yeongi(Sejong)	May 25	May 25	May 24
II	Boryeong	May 28	May 27	May 30
	Asan	May 26	May 26	May 24
	Seosan	May 28	May 26	May 24
	Dangjin	May 27	May 26	May 24
	Cheongyang	May 24	May 25	May 23
	Heongseong	May 26	May 26	May 29
	Yesan	May 26	May 26	May 24
	Taeon	May 25	May 27	May 25
III	Buyeo	May 27	May 26	May 24
	Seocheon	May 27	May 27	May 26

* I. Western Sobaek Inland, II. Southern Charyeong Plain, III. South Western Coastal

III. 결과 및 고찰

1. 충남지역의 농업기후시대별 기상특성

충남지역의 농업기후시대별 평균기온은 소백서부내륙지대가 활착기에서 출수기까지의 전(全) 생육기간에서 차령남부평야지대와 남서해안지대보다 전반적으로 높은 것으로 나타났다(Table 3). 유효분얼기, 무효분얼기, 생식생장기에서도 각각 소백서부내륙지대인 천안, 금산의 평균기온이 타 지역에 비해 전반적으로 높은 반면에 차령남부평야지대인 당진, 태안, 서산이 상대적으로 낮았다. Ku et al.(2014) 등에 의하면 우리나라는 남북으로 길게 위치하고 산악지형이 많고 또한 바다에 인접한 지역의 경우 해류의 영향을 받아 같은 위도에서도 온도의 변화가 심하고 해안에 인접한

지역보다 어느 정도 내륙에 위치한 지역이 여름에 온도가 더 높게 유지된다고 하였는데, 본 시험에서도 내륙지역인 천안, 금산이 해안지역인 당진, 태안, 서산보다 평균기온이 더 높은 결과를 보였다. 강수량은 국지적인 폭우, 태풍 경로 등에 따라 지대별, 지역별 편차가 컸다. 활착기에는 아산, 당진, 예산, 출수기에는 서산, 유효분얼기에서 출수기까지의 전(全) 생육기간에는 금산이 타 시군에 비해 평균 강수량이 많았는데, 이는 2010년 8월11일 한반도에 상륙한 태풍 ‘덴무’(KMA, 2011)와 2011년 8월6일부터 9일에 걸쳐 느린 속도로 이동하면서 서해안 지역에 장시간 영향을 미친 태풍 ‘무이파’(KMA, 2012)의 영향에 따른 것으로 판단되었다. 평균 일교차는 소백서부내륙지대가 9.3°C로 차령남부평야지대, 남서해안지대보다 각각 1°C이상 큰 것으로 나타났고, 서해안과 인접한 보령, 서산, 태안, 서천의 일교차는 전반

적으로 모든 생육기간에서 타 내륙지역보다 작은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 우리나라의 기온 일교차가 계절적으로 봄에 크고(10~15°C), 여름에 작으며(7~10°C), 공간적으로 내륙산간지역이 크고 해안지역이 작는데, 이는 해륙풍이 해안지역의 기온 일변도 악화시킨다는 연구결과 (Suh et al.,2009)와 유사하였다. 활착기부터 무효분얼기까지의 평균적산온도는 전반적으로 소백서부내륙지대가 차령남부평야지대나 남서해안지대 보다 높은 것으로 나타났고, 생식생장기는 모든 지대에서

비슷한 경향을 보였으며, 이양기부터 출수기까지의 기간은 소백서부내륙지대가 전반적으로 타 지대보다 높은 것으로 나타났다.

특히, 벼의 수량구성요소인 주(株)수와 영화수 및 등숙율 등에 영향을 미치는 시기인 생식생장기의 시·군별 적산온도를 보면 천안, 공주, 연기(세종), 보령, 당진 등이 대체적으로 높은 것으로 나타났는데, 이들 지역의 수량이 타 지역보다 다소 많은 점과 연관이 있는 것으로 판단된다.

Table 3. Average temperature, Rainfall, Diurnal range and Accumulated temperature of different growth stages of rice cultivation at various counties of Chungnam Province (Year2010~2012)

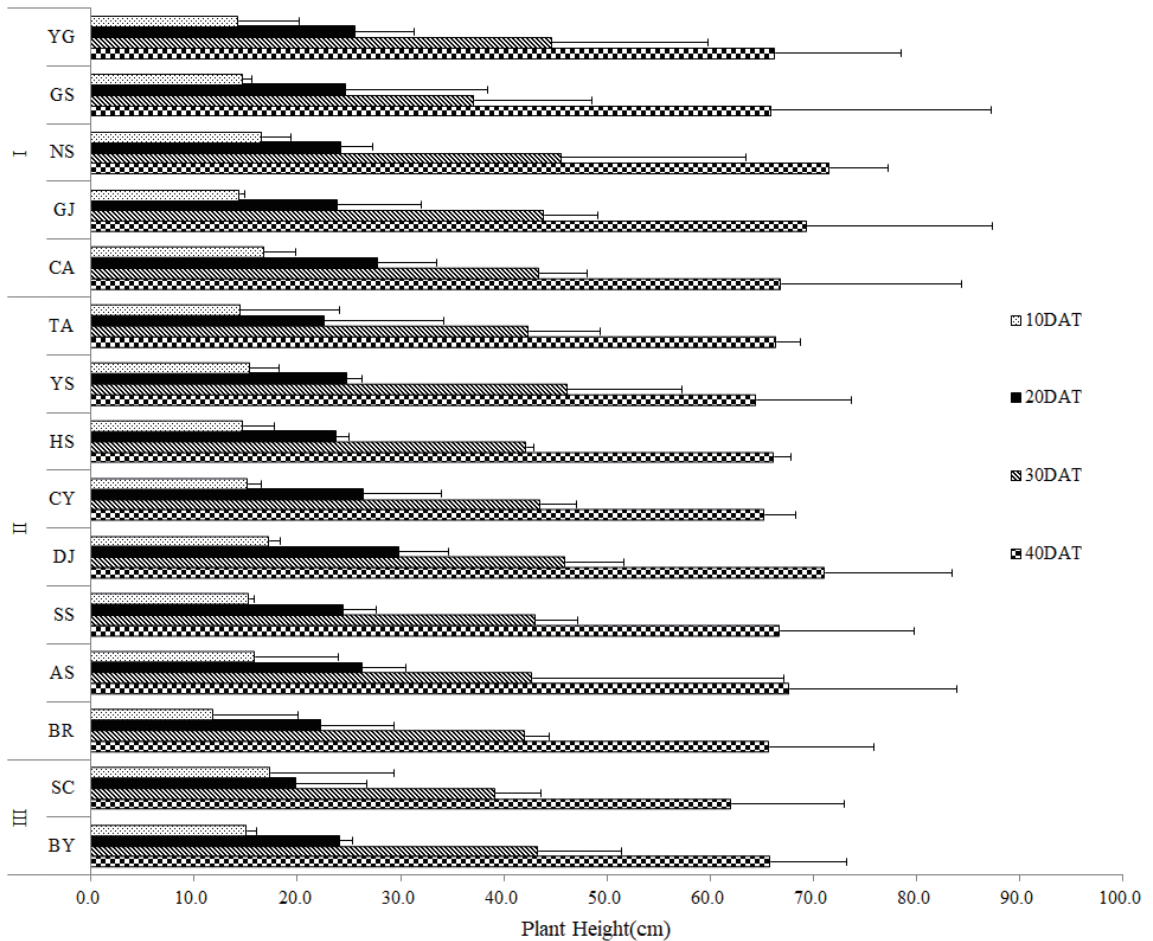
Regions*	Counties**	RS***				ETS				NTS				RGS				THS			
		AT****	AR	AD	ACT	AT	AR	AD	ACT	AT	AR	AD	ACT	AT	AR	AD	ACT	AT	AR	AD	ACT
I	CA	19.4	2.1	10.9	136	22.8	3.9	11.4	571	24.0	9.1	7.9	144	26.3	12.3	7.7	1,254	24.6	8.8	9.1	2,104
	GJ	19.3	0.6	11.0	135	22.6	5.0	11.4	563	23.5	6.8	7.6	141	26.2	12.4	7.6	1,212	24.3	8.2	9.0	2,154
	NS	20.2	0.3	9.3	142	23.0	4.8	9.9	574	24.6	7.1	6.4	147	26.1	12.5	7.7	1,077	24.5	8.6	8.6	1,940
	GS	18.6	0.6	13.9	133	22.5	14.3	12.2	571	24.7	22.1	8.1	151	25.6	25.2	9.7	1,083	24.0	20.7	10.3	1,938
	YG	18.7	0.4	12.1	131	22.0	2.3	11.9	552	23.3	8.8	8.8	140	25.7	10.0	7.9	1,188	23.8	7.2	9.5	2,010
II	BR	18.8	0.2	9.3	132	21.6	5.7	8.3	540	23.6	29.2	5.5	142	26.0	13.7	6.3	1,198	23.9	9.9	7.1	2,010
	AS	18.9	7.5	10.4	133	21.6	3.2	10.2	549	23.7	10.7	7.6	142	25.9	10.7	7.0	1,148	24.4	7.6	8.1	1,972
	SS	18.2	2.6	10.0	128	21.2	4.5	9.7	530	23.0	16.9	6.4	138	25.1	15.8	6.5	1,162	23.2	11.4	7.7	1,958
	DJ	18.0	6.9	11.6	130	21.0	5.0	10.5	541	22.9	13.8	7.6	142	25.8	10.4	7.7	1,218	23.6	7.4	9.0	2,029
	CY	19.5	0.3	11.5	133	21.7	3.6	11.3	548	23.6	9.8	8.9	141	25.7	13.5	7.6	1,131	23.8	9.4	9.1	1,981
	HS	18.9	3.2	11.0	131	21.9	2.9	10.2	545	23.4	8.2	6.3	140	25.8	14.1	7.3	1,208	23.9	9.5	8.4	2,024
	YS	18.7	9.4	11.1	126	21.9	2.7	11.3	529	23.3	6.5	8.0	137	25.7	9.7	8.0	1,168	23.6	6.4	9.4	1,960
TA	18.0	1.2	8.9	126	21.3	3.3	9.3	524	22.9	17.5	6.1	137	26.0	12.4	6.0	1,077	24.0	8.4	7.4	1,865	
III	BY	19.4	1.0	11.4	136	22.7	4.2	11.2	567	24.3	7.1	7.9	146	26.2	15.2	7.8	1,192	24.4	10.0	9.1	2,039
	SC	18.4	0.6	9.7	129	21.6	3.9	8.5	539	23.8	9.5	6.4	142	25.9	15.2	6.7	1,141	23.8	10.0	7.5	1,952

* I. Western Sobaek Inland, II. Southern Charyeong Plain, III. South Western Coastal

** CA : Cheonan, GJ : Gongju, NS : Nonsan, GS : Geumsan, YG : Yeongi (Sejong), BR : Boryeong, AS : Asan, SS : Seosan, DJ : Dangjin, CY : Cheongyang, HS : Heongseong, YS : Yesan, TA : Taean, BY : Buyeo, SC : Seochon

*** RS : Rooting Stage, ETS : Effective Tillering Stage, NTS : Nonproductive Tillering Stage, RGS : Reproductive Growth Stage, THS : Transplanting to Heading Stage

**** AT : Average Temperature, AR : Average Rainfall, AD : Average Diurnal range, ACT : Accumulated Temperature



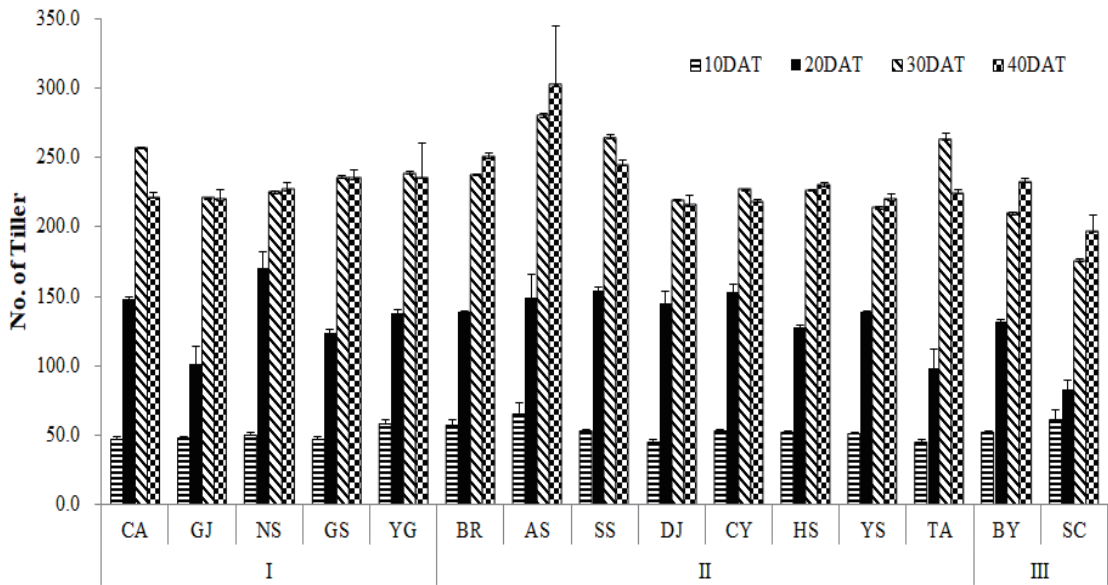
* I : Western Sobaek Inland, II : Southern Charyeong Plain, III: South Western Coastal
 ** CA : Cheonan, GJ : Gongju, NS : Nonsan, GS : Geumsan, YG : Yeongi (Sejong), BR : Boryeong, AS : Asan, SS : Seosan, DJ : Dangjin, CY : Cheongyang, HS : Heongseong, YS : Yesan, TA : Taean, BY : Buyeo, SC : Seoccheon,
 *** DAT : Days After Transplanting

Fig. 1. Variation of Rice plant height cultivated at various counties of Southern Chungnam Province(Year 2010~2012)

2. 벼 주요 생육 및 수량구성요소

이앙 후 생육단계별 초장을 보면, 이앙 후 20일에 남서해안지대인 서천과 보령 지역의 초장은 각각 19.0cm, 23.2cm로 타 시대에 비해 짧은 경

향을 보였고, 이앙 후 30일과 40일에도 이앙 후 20일 조사 결과와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 1). 이와 같은 결과를 기후시대별 기상 특성과 비교해 보면, 특히 일교차에 있어서 남서해안지대인 서천지역이 다른 지역의 일교차보다 활착기, 유효



* I : Western Sobaek Inland, II : Southern Charyeong Plain, III: South Western Coastal

** CA : Cheonan, GJ : Gongju, NS : Nonsan, GS : Geumsan, YG : Yeongi(Sejong), BR : Boryeong, AS : Asan, SS : Seosan, DJ : Dangjin, CY : Cheongyang, HS : Heongseong, YS : Yesan, TA : Taean, BY : Buyeo, SC : Seocheon,

*** DAT : Days After Transplanting

Fig. 2. Variation of Rice tiller number cultivated at various counties of Southern Chungnam Province(Year 2010~2012)

분얼기, 무효분얼기, 출수기에서 대체적으로 작았는데, 이러한 일교차의 차이가 초장에 어떤 영향을 미쳤는지에 대해서는 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 생육단계별 분얼수에서는 대부분의 시·군에서 이앙 후 40일경부터 분얼수가 감소하는 반면, 서천과 보령 지역은 분얼수가 증가하는 것으로 조사되었는데, 이는 이들 시·군이 충청남도 시·군 평균보다 3~4일 정도 이앙이 늦어진 영향으로 판단된다(Fig.2).

이앙일로부터 출수기까지의 평균 생육기간은 소백서부내륙지대, 차령남부평야지대 및 남서해안지대가 각각 81.8, 81.8, 81.7일로 지대간 차이가 나지 않았으나, 지역별로 보면 전반적으로 서해안을 인접하고 있는 보령, 서산, 태안, 홍성, 서천지

역과 내륙산간지역인 천안, 연기(세종), 부여지역의 출수일수가 나머지 시·군에 비해 대체적으로 긴 경향을 나타내었다(Table 4). Lee et al. (2011)에 의하면 출수기는 일평균기온, 강수량, 기온일교차, 풍속 및 상대습도의 영향을 받는다고 하였으며, Yun(2001)에 의하면 출수기의 지속기간은 평야지보다 해안이 2~3일 길고 중간산지 이상에서도 1~2일 길었다고 하였는데, 이는 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

수량구성요소 조사 결과를 살펴보면, 남서해안지대인 부여, 서천의 평균수수는 449.3개로 평균보다 30.4개 적게 나타났는데, 이는 수량에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다(Table 4). 이삭당 영화수는 소백서부내륙지대인 공주, 금산, 연기와

차령남부평야지대인 아산, 당진, 예산, 태안 지역이 충남 평균 90.3개 보다 높게 나타났다. Ahn(1984)과 Tsunoda(1964)는 생식생장기에 일사량이 많을수록 영화수를 증가시키며 일평균기온 23°C에서 28°C 범위에서는 온도가 낮은 편이 영화수가 증가한다고 하였는데, 단위면적당 수량

이 높은 소백서부내륙지대인 연기(세종), 금산 지역과 차령남부평야지대인 당진, 예산지역의 생식생장기일평균기온이 25.6~25.8°C로 조사되어 동일시기의 충남 평균기온인 26.0°C보다 낮아서 영화수 확보에 유리한 것으로 분석되었으며 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

Table 4. Yields and yields components of rice cultivated at various counties of South Chungcheong Province

Agro-climatic regions	Counties	Statistics	Days to heading (days)	Yield components				Milled rice yield (kg ha-1)	Average temperature for 40days after heading (°C)	
				No. of Panicle (no./m ²)	No. of spikelet (no./panicle)	Ratio of ripened grain (%)	1000-Brown rice weight(g)			
I *	Cheonan	Average	84.5	482.4	83.5	94.9	22.6	356	23.0	
		Range	84~85	465.4~504.2	82.3~84.5	92.0~92.0	21.8~23.1	-		
	Gongju	Average	83.3	490.5	95.1	88.6	21.6	369	23.0	
		Range	83~84	480.0~501.8	89.0~98.8	85.7~93.9	20.1~23.1	-		
	Nonsan	Average	78.5	465.4	89.7	93.6	22.8	368	23.1	
		Range	77~80	448.4~477.5	88.4~90.8	92.8~94.5	21.5~23.9	-		
	Gunsan	Average	78.3	474.3	98.3	87.7	22.2	375	22.9	
		Range	76~81	450.9~530.9	90.2~104.6	80.1~98.1	20.5~23.5	-		
	Yeongi (Sejong)	Average	84.3	505	91.9	97.4	22.0	410	22.2	
		Range	83~86	448.4~545.4	89.5~94.0	92.9~99.8	20.9~23.2	-		
	II	Buyeong	Average	83.0	467	88.1	94.7	22.6	364	22.9
			Range	79~86	441.2~511.5	85.8~90.0	92.2~97.1	21.4~23.7	-	
Asan		Average	82.0	517.1	92.4	82.9	22.4	366	23.1	
		Range	81~83	458.1~557.5	90.9~94.0	77.0~92.2	20.7~23.4	-		
Seosan		Average	83.0	437.1	90.4	89.8	22.1	324	22.4	
		Range	81~85	387.8~509.0	89.7~91.0	84.7~92.6	20.4~24.1	-		
Dangjin		Average	76.3	521.2	91.2	93.1	22.5	410	22.3	
		Range	75~78	487.2~555.1	88.4~95.4	92.4~94.5	20.7~24.5	-		
Changgye		Average	84.3	502.6	90.4	87.6	21.6	355	22.4	
		Range	83~85	484.8~521.2	89.2~92.7	86.0~89.7	20.4~22.7	-		
Honggye		Average	82.3	470.3	87.7	93.4	22.2	353	22.1	
		Range	79~85	453.3~492.1	83.1~91.0	88.9~96.7	20.9~23.4	-		
Yesan		Average	81.0	510.7	92.3	90.5	22.5	397	21.5	
		Range	75~84	480.0~521.2	89.4~96.4	80.4~99.6	20.7~23.8	-		
Taean		Average	82.5	453.3	92.8	85.6	22.1	328	23.3	
		Range	82~83	446.0~460.6	90.7~94.7	84.1~87.0	20.7~23.6	-		
III		Buyeo	Average	82.3	471.9	87.3	90.5	21.9	337	23.1
			Range	81~84	431.5~509.0	80.4~91.9	87.1~93.2	19.8~23.7	-	
	Seochon	Average	81.0	426.6	91.6	91.3	22.1	326	23.3	
		Range	81.0~81.0	392.7~472.7	89.1~94.2	90.7~91.8	21.0~23.7	-		
Nomal year	-	Average	81.7	479.7	90.3	91.3	22.2	363	-	
		Range	-	403.6~487.2	82.6~96.3	76.7~99.9	-	-		

* I. Western Sobaek Inland , II. Southern Charyeong Plain. III. South Western Coastal

다만, 영화수의 증감 등에 대한 영향은 추후 기온, 일교차 등과의 세밀한 상관관계 검토가 필요할 것으로 판단된다. 등숙율은 충청남도 사군 중 연기(세종) 지역이 97.4%(범위92.9~99.8)로 가장 높게 나타났고, 차령남부평야지대인 아산, 서산, 태안은 등숙율이 90% 미만으로 충남 평균 등숙율보다 크게 낮은 것으로 조사되었다. 또한 서해안을 접하고 있는 아산, 서산, 태안지역에서 등숙률이 낮게 나타났는데, 이는 2010년8월에 한반도에 상륙한 제4호 태풍 '덴무'(기상청, 2010)와 2011년8월6일~8월9일에 서해안 지방으로 느린 속도로 이동하면서 장시간 영향을 미친 제9호 태풍 '무이파'(기상청2012), 2012년7월에 서해안을 따라 북상하면서 한반도에 상륙한 제7호 태풍 '카눈'(기상청2013)의 영향을 받은 것으로 판단되었다.

수량(정미 기준)은 소백서부내륙지대 평균이 3,756kg ha⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 차령남부평야지대가 3,621kg ha⁻¹, 남서해안지대가 3,315kg ha⁻¹로 가장 낮게 나타났다. 시·군별로 보면 연기(세종)와 당진이 4,100kg ha⁻¹로 가장 높았으며, 서산, 서천, 태안 지역이 헥타르(ha)당 3,240~3,280kg 범위로 타 시·군에 비해 낮게 조사 되었다. 이처럼 수량이 낮게 나타난 시·군은 공통적으로 해안에 인접된 지역으로 비교적 최근 3년간의 강수량이 타 시·군에 비해 상대적으로 많았으며, 풍속도 강한 것으로 나타나 강수량과 풍속이 수량감소에 영향을 미친 것으로 보여진다. 아울러, 출수기 이후 등숙기 온도가 높아지면 생리적 등숙 기간이 단축되고 (IRRI, 1978), 출수 후 40일간의 등숙 기간에 나타나는 일조부족, 고온, 잦은 강우 및 태풍과 같은 불량기상 조건은 도복과 수발아 등 수량 저해의 주요 요인이 될 것으로 판단되었다. 충남 시·군의 출수 후 40일간

의 평균온도변화에 따른 쌀 수량과의 관계를 살펴보면 연기(세종), 금산, 홍성, 당진 및 예산 지역은 평균온도가 21.5~22.9°C 범위로 다른 시·군에 비해 낮았지만, 수량은 상대적으로 높게 나타났다. 이는 자포니카 벼의 최고수량을 내는 출수 후 40일간의 일평균기온의 범위가 22°C이고, 안전수량을 내는 범위는 21~23°C (RDA, 1981; Yun & Lee, 2001), 고품질 쌀 생산하기 위한 최적 등숙 온도는 20~22°C(RDA, 2004), 경북에서의 최저등숙 평균기온의 범위는 20.8~21.0°C (Lee, 2005)라는 과거의 연구결과들과 유사하였다. 따라서 출수 후 40일간의 평균온도가 높은 다른 시·군의 경우에는 안정적 수량 확보를 위해 상대적으로 출수기를 늦출 수 있도록 이앙시기를 조절할 필요가 있을 것으로 판단된다.

수량구성요소의 조사지역간 차이를 살펴보면, 분얼수는 차령남부평야지대인 아산이 타 시·군에 비해 통계적으로 유의하게 많은 것으로 나타났으며, 소백서부내륙지대인 공주, 청양, 예산, 당진과 남서해안지대인 서천은 분얼수가 적은 것으로 조사되었다 (Table 5). 주당수수는 차령남부평야지대인 아산, 당진이 많은 것으로 조사되었고, 남서해안지대인 서천은 통계적으로 유의하게 가장 적은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 단위면적당 분얼수가 많으면 상대적으로 주당수수가 떨어진다는 연구결과 (Yamamoto et al., 1991)와 비교분석을 했을 때, 차령남부평야지대인 당진, 청양, 예산 및 남서해안지대인 공주는 유사한 경향을 보였으나, 차령남부평야지대인 아산의 경우는 오히려 분얼수가 많았음에도 불구하고 주당수수가 많은 것으로 조사되어, 앞에서 보고한 내용과 다소 상반된 경향을 보였는데, 이는 조사기간 동안 매년 기상조건과 토양조건 변화에 따른 조사 결과값의 차이가 반영된 결과로 판단된다.

Table 5. Rice growth characteristics and number of perfect kernel cultivated at various counties of Southern Chungnam Province

Agro-climatic regions	Counties	Plant height (cm)	No. of Stem (No./m ²)	No. of Tiller (No./m ²)	Grain (No./panicle)	Perfect kernel (no./m ²)
I *	Cheonan	66.90 ^{ab}	215.6 ^{bc}	221.3 ^{bcd}	792.5 ^{fg}	358,154.8 ^b
	Gongju	71.15 ^a	198.0 ^{ed}	220.0	843.0 ^{de}	344,356.8 ^{bc}
	Nonsan	71.63 ^a	201.6 ^{cd}	227.0 ^{bcd}	889.5 ^{bc}	339,006.3 ^{bcd}
	Geumsan	66.00 ^{ab}	214.5 ^{bc}	235.6 ^{bc}	862.3 ^{bcde}	326,767.5 ^{cde}
	Yeongi(Sejong)	66.30 ^{ab}	196.0 ^{ed}	236.2 ^{bc}	895.0 ^b	352,105.5 ^{bc}
II	Boryeong	65.73 ^{ab}	206.0 ^{cd}	250.2 ^b	834.3 ^{def}	305,266.5 ^{efg}
	Asan	72.30 ^a	180.6 ^f	302.4 ^a	766.6 ^g	295,813.8 ^{fgh}
	Seosan	60.06 ^b	216.0 ^{bc}	244.6 ^{bc}	816.3 ^{ef}	299,385.4 ^{efgh}
	Dangjin	70.80 ^a	207.3 ^{cd}	215.8	848.6 ^{cde}	363,196.0 ^b
	Cheongyang	65.26 ^{ab}	205.6 ^{cd}	218.2	972.0 ^{fg}	298,848.4 ^{efgh}
	Heongseong	66.16 ^{ab}	190.5 ^{ef}	230.5 ^{bc}	852.0 ^{bcde}	283,097.7 ^{gh}
	Yesan	72.13 ^a	196.5 ^{ed}	220.1	869.0 ^{bcd}	391,279.6 ^a
	Taeon	66.40 ^{ab}	252.6 ^a	244.3	793.5 ^{ef}	311,673.3 ^{defg}
III	Buyeo	65.83 ^{ab}	199.3 ^{ed}	232.7 ^{bc}	827.0 ^{def}	325,186.5 ^{cdef}
	Seocheon	62.10 ^b	221.6 ^b	197.2	936.0 ^a	273,915.8 ^h
c.v(%)		10.4	5	11.4	4.8	8.1
p-value		0.0102	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

* I. Western Sobaek Inland , II. Southern Charyeong Plain. III. South Western Coastal

** Note : Values within column followed by same letters are not significantly different at the 5% level of LSD or DMRT.

IV. 적요

2010년부터 2012년까지 벼 생육기간 동안의 충청남도 농업기후지대별 기온과 강수량 분포를 분석하면, 소백서부내륙지대가 차령남부지대와 남서해안지대보다 많은 것으로 나타났다. 다만, 강수량은 각 시·군별 편차가 큰데, 이는 2010년에 발생한 태풍 ‘덴무’와 2011년 발생한 태풍 ‘무이파’의 영향에 따른 것으로 판단된다. 기온의 평균 일교차는 상대적으로 내륙지대(서부내륙지대)가 해안지대(남서해안지대) 보다 큰 것으로 나타났으며, 평균적산온도는 천안, 공주, 연기(세종), 보령, 당진 등의 지역이 생식생장기에서 타 지역보다 높았고, 이는 수량 증가에도 영향을 준 것으로 판단된다. 초장은 이앙 후 20일부터 소백서부내륙

지대인 연기(세종), 천안과 차령남부평야지대인 청양, 당진, 아산 지역이 전반적으로 타 지역에 비해 긴 것으로 나타났다. 분얼수는 이앙 후 30일까지는 농업기후지대간 차이가 크지 않았으나, 이앙 후 40일 조사에서는 서천과 보령지역의 분얼수가 타 지역에 비해 증가하였는데, 이는 이들 지역이 충남 시·군 평균이앙일 보다 3~4일 정도 늦은 결과로 판단된다. 평균 수량은 소백서부내륙지대가 3,756kg ha⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 차령남부평야지대가 3,621kg ha⁻¹, 남서해안지대가 3,315kg ha⁻¹로 가장 낮게 나타났다. 시·군별로 보면 연기(세종)와 당진이 4,100kg ha⁻¹로 가장 높았으며, 서산, 서천, 태안 지역이 3,240~3,280kg ha⁻¹범위로 타 시·군에 비해 낮게 조사되었다. 벼 수량이 낮게 조사된 시·군은 공통적으

로 해안에 인접한 지역으로 지난 3년간의 강수량이 타 시·군에 비해 상대적으로 많았고 풍속은 강했다. 따라서 강수량과 풍속이 수량감소에 영향을 미친 것으로 보여진다.

V. 인용문헌

- Ahn, S. B. and J. C. Lee. (1984). The Climatic on spikelet formation and yield of lowland Rice. III. Control of number of spikelets by changing transplanting date. *Korean Journal of Crop Science*. 29(4) : 394~400.
- Choi, D. H. and S. H. Yun. (1989). Agroclimatic zone and characters of the area subject to climatic disaster in Korea. *Korean Journal of Crop Science*. 34(S02): 13-33.
- Evans, L. T. and S. K. De Datta. (1979). The relation between irradiance and grain yield of irrigated rice in the tropics, as influenced by cultivar, nitrogen fertilizer application and month of planting. *Field Crops Research*. 2 : 1-17.
- IRRI. (1978). Annual Report for 1977. International Rice Research Institute. The Philippines. xiii-xv
- Kim, Y. I. and W. H. Jung. (2016) Chungnam Nondan. 2(74) : 39pp.
- KMA. (2011). Typhoon Analysis Report. (2010) : 3-53. (in Korean)
- KMA. (2012). Typhoon Analysis Report. (2011) : 3-159. (in Korean)
- KMA. (2013). 2012 KMA Annual Report. (2012) 8-150. (in Korean)
- KOSIS. (2016). <http://kosis.kr>. (in Korean)
- Ku, B. I., S. K. Knag, W. G. Sang, H. K. Park, Y. D. Kim and J. H. Lee. (2014). Study of rice double cropping feasibility in Korea to cope with climate change. *Journal of Agriculture & Life Sciences*. 45(1) : 39-46. (in Korean with English abstract)
- Lee, J. H., W. Y. Choi, J. K. Nam, S. S. Kim, H. K. Park, N. H. Back and M. G. Choi. (2005). Proper transplanting time for improving the rice quality in the southern alpine area. *Korean Journal of Crop Science*. 50(S) : 51-55. (in Korean with English abstract)
- Lee, A. S., J. R. Kim, Y. S. Cho, Y. B. Kim, J. K. Ham, J. G. Sa and J. C. Shin. (2011). Analyzing the effect of climatic variables on growth and yield of rice in Chuncheon region. *Korean Journal of Crop Science*. 56(2) : 99-106. (in Korean with English abstract)
- Lim, J. N. (1987). Agroclimatic terminology explanation. Hyangmoonsa. 390pp. (in Korean)
- RDA. (1981). Analysis of rice chilling injuries & polytechnical countermeasures. 168pp. (in Korean)
- RDA. (1986). Agroclimatic characters & countermeasures of meteorological disaster in Korea. RDA. 194pp. (in Korean)
- Shim, K. M., G. Y. Kim, K. A. Roh, H. C. Jeong and D. B. Lee. (2008). Evaluation of agro-climatic indices under climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 10(4)

- : 113-120. (in Korean with English abstract)
17. Suh, M. S., S. K. Hong and J. H. Kang. (2009). Characteristics of seasonal mean diurnal temperature range and their causes over South Korea. *Atmosphere*. 19(2) : 155-168. (in Korean with English abstract)
18. Tajima, K. (1965). Studies on the physiology of crop plants in response to effects of light and temperature. I. Effect of light and temperature on growth and respiration of crop. *Crop Science*. 33 : 371-378.
19. Tsunoda, K. (1964). Studies on the effect of water temperature on the growth and yield in rice plant. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences. Series A11* : 75-174.
20. Tsunoda, S. and A. Kittaka. (1952). Occurrence of withered and completely sterile panicles in rice plants attacked by typhoon with special reference to varietal resistance. II. Some characters of recessive and sensitives. *Proceeding of the Crop Science of Japan*. 21(2) : 185-186.
21. Yamamoto, Y., T. Yoshida, T. Enomoto and G. Yoshikawa. (1991). Characteristics for the efficiency of spikelet production and the ripening in high-yielding Japonica-Indica hybrid and semidwarf Indica rice varieties. *Japan Journal of Crop Science*. 60(3) : 365-372.
22. Yun, S. H. and J. T. Lee. (2001). Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 3(1) : 55-70. (in Korean with English abstract)